



14

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gasturbinenanordnung mit einer Brennstoffzelle, die im Strömungsverlauf eines sauerstoffhaltigen Gases zwischen einer Verdichtereinheit zur Kompression des sauerstoffhaltigen Gases und einer Turbineneinheit vorgesehen ist, wobei das durch die Verdichtereinheit komprimierte sauerstoffhaltige Gas über einen Wärmetauscher durch aus der Turbine austretende heiße Gase erwärmt und in die Brennstoffzelle geleitet wird, und aus der Brennstoffzelle austretende Gase zum Antrieb der Turbine eingesetzt werden.

Stand der Technik

[0002] Gasturbinen stellen ein weit verbreitetes Aggregat zur Energieerzeugung dar. Zur Optimierung des Energieerzeugungsprozesses werden viele Anstrengungen unternommen, um den Betrieb der Gasturbinen hinsichtlich ihrer Leistungsdichte und ihres Wirkungsgrades zu verbessern. Ein großer Teil der Verluste einer Gasturbine hängt mit den relativ hohen Temperaturen am Turbinenausstritt zusammen. Zur Nutzung dieser in den Verbrennungsgasen noch enthaltenen Energie wurden Anlagen vorgeschlagen, bei denen die Abwärme der aus der Turbine austretenden Heißgase in einem nachgeschalteten Wasser-Dampf-Prozess zum Antrieb einer Dampfturbine genutzt wird. Derartige Kombikraftwerke weisen jedoch eine hohe Komplexität auf und verursachen damit auch höhere Kosten.

[0003] Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinenanordnungen, wie er beispielsweise in der US 5,693,201 realisiert ist, besteht im Einsatz einer Brennstoffzelle anstelle einer herkömmlichen Brennkammer im Strömungsverlauf zwischen dem Verdichter und der Turbine einer Gasturbinenanordnung. Brennstoffzellen oxidieren einen Brennstoff, vorzugsweise Wasserstoff, Methanol oder andere Gase, mit Luft oder reinem Sauerstoff, wobei die Reaktionsenergie zum größtenteils als elektrische Leistung entnommen werden kann. Dabei wird ein hoher Wirkungsgrad der Umsetzung von chemischer in elektrische Energie erzielt. Die meisten Brennstoffzellen arbeiten bei einer hohen Temperatur von bis zu 1000°C. Auch ein hoher Druck der in die Brennstoffzelle eingebrachten Gase ist vorteilhaft, da sich dadurch die Leistungsdichte der Brennstoffzelle erhöhen lässt. In der US 5,693,201 wird die für die Brennstoffzelle benötigte höhere Temperatur durch den vorgeschalteten Verdichter für die Luft erzeugt. Die verdichtete Luft wird in die Brennstoffzelle geleitet, der gleichzeitig der Brennstoff zugeführt wird. Die aus der Brennstoffzelle austretenden Gase erhöhte Temperatur, im Folgenden auch als Reaktionsgase bezeichnet, werden zum Antrieb der nachgeschalteten Turbine eingesetzt. Bei dem genannten System wird somit elektrische Energie sowohl durch direktes Abgreifen der Brennstoffzelle wie auch über den Antrieb der Turbine erzeugt. Zur Nutzung der Wärmeenergie der aus der Turbine austretenden Heißgase wird bei der vorgeschlagenen Anordnung wiederum ein Wasser-Dampf-Prozess nachgeschaltet, der zu einer erhöhten Komplexität des Systems führt.

[0004] Ein weiteres Beispiel für ein derartiges Hybridsystem, bei dem eine Brennstoffzelle als Oberstufe eines Gasturbinenprozesses eingesetzt wird, ist aus der US 5,811,201 bekannt. Auch bei diesem System ist im Strömungsverlauf eines sauerstoffhaltigen Gases zwischen der Verdichtereinheit und der Turbineneinheit eine Brennstoffzelle vorgesehen. Zur besseren und einfacheren Nutzung der Wärmeenergie

der aus der Turbine austretenden Heißgase wird ein Wärmetauscher eingesetzt, der das durch den Verdichter komprimierte sauerstoffhaltige Gas durch die aus der Turbine austretenden Heißgase weiter erwärmt, bevor das komprimierte Gas in die Brennstoffzelle eintritt.

[0005] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Gasturbinenanordnung mit Brennstoffzelle bereit zu stellen, deren Wirkungsgrad und Leistungsdichte gegenüber den bekannten Anordnungen nochmals verbessert sind.

Darstellung der Erfindung

[0006] Die Aufgabe wird mit der Gasturbinenanordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst: Vorteilhafte Ausgestaltungen der Gasturbinenanordnung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Die vorliegende Gasturbinenanordnung weist eine Verdichtereinheit auf, die mindestens einen isothermen Verdichter umfasst, der ein sauerstoffhaltiges Gas isotherm verdichtet. Das verdichtete sauerstoffhaltige Gas wird anschließend über einen Wärmetauscher geleitet, in dem die aus der Turbineneinheit austretenden Heißgase ihre überschüssige Wärmeenergie an das verdichtete sauerstoffhaltige Gas abgeben und dieses dadurch aufheizen. Das derart aufgeheizte und verdichtete sauerstoffhaltige Gas, wird dann einer Brennstoffzelle zugeleitet, in der der enthaltene Sauerstoff mit dem der Brennstoffzelle separat zugeführten Brennstoff, wie Wasserstoff oder Methanol, reagiert. Die aus der Brennstoffzelle austretenden Reaktionsgase werden in bekannter Weise der Turbineneinheit zugeführt, in der durch Expansion dieser Reaktionsgase der Antrieb der Turbine erreicht wird. Die überschüssige Temperatur der aus der Turbine austretenden Gase wird im Wärmetauscher an das komprimierte sauerstoffhaltige Gas abgegeben. Hierbei kann das gesamte aus der Turbine austretende Gas oder auch nur ein Teil hiervon durch den Wärmetauscher geführt werden.

[0008] Die vorgeschlagene Anordnung weist einen höheren Wirkungsgrad und eine höhere Leistungsdichte auf als die aus dem Stand der Technik bekannten Hybridsysteme mit Brennstoffzellen. Dies wird durch den Einsatz des isothermen Verdichters zur isothermen Kompression des sauerstoffhaltigen Gases erreicht. Durch diese isotherme Kompression kann das sauerstoffhaltige Gas vergleichbar hoch verdichtet werden, wie es auch im Falle adiabatischer Verdichterstufen möglich ist, jedoch ohne hohe Kompressionstemperaturen zu erreichen. Der entscheidende Vorteil der isothermen Verdichtung liegt darin, dass die maximal mögliche Wärmezufuhr zum verdichteten Gas mit zunehmendem Druckverhältnis des Verdichters nicht abnimmt. Damit bleibt die Leistungsdichte auch bei großem Druckverhältnis hoch. Besonders vorteilhaft wirkt sich in der vorliegenden Kombination mit einer Brennstoffzelle aus, dass die für den Betrieb der Brennstoffzellen erforderlichen erhöhten Temperaturen von 600–800°C oder darüber durch den eingesetzten Wärmetauscher (Rekuperator) gerade von der überschüssigen Wärme der aus der Turbineneinheit austretenden Heißgase geliefert wird, so dass keinerlei zusätzliche Prozesse, wie beispielsweise nachgeschaltete Wasser-Dampf-Prozesse zur Erhöhung des Wirkungsgrades erforderlich sind.

[0009] Die grundsätzliche Idee des Einsatzes eines isothermen Verdichters bei einer Gasturbinenanordnung ist zwar bereits aus der DE 197 36 901 A1 bekannt, jedoch betrifft diese Anordnung eine herkömmliche Gasturbine mit üblicher Brennkammertechnik, bei der vollkommen andere Randbedingungen vorherrschen, und nicht, wie auf dem vorliegenden Gebiet ein Hybridsystem mit Brennstoffzel-

lentechnik. Gerade bei den vorliegenden Hybridsystemen wurde hierbei erkannt, dass der Einsatz eines isothermen Verdichters in Kombination mit dem Rekuperator eine optimale Betriebsweise der Gasturbinenanordnung mit hoher Leistungsdichte und hohem Wirkungsgrad ermöglicht.

[0010] Die Gasturbinenanordnung kann hierbei zur Verbesserung der Reaktion in der Brennstoffzelle auch mit sauerstoffangereicherter Luft oder mit reinem Sauerstoff betrieben werden.

[0011] Die erfindungsgemäße Gasturbinenanordnung weist in einer Ausführungsform, bei der die Verdichtereinheit nur durch einen oder mehrere Isothermverdichter gebildet wird, ein Temperaturniveau auf, das nur knapp über der Umgebungstemperatur liegt, beispielsweise im Bereich von 5°C bis 100°C. Im Rekuperator tritt das isotherm komprimierte Gas vorzugsweise im Gegenstromprinzip in thermischen Kontakt mit den aus der Turbineneinheit austretenden Heißgasen, so dass das komprimierte Gas auf einen Wert knapp unter der Turbinenausstrittstemperatur erhitzt wird, die in Abhängigkeit von der eingesetzten Brennstoffzelle und gegebenenfalls zusätzlichen Vor- oder Nachbrennkammern in der Regel deutlich oberhalb von 200°C liegt.

[0012] In einer sehr vorteilhaften Ausführungsform wird das komprimierte und durch den Rekuperator geleitete sauerstoffhaltige Gas vor dem Eintritt in die Brennstoffzelle durch eine zusätzliche Vorbrennkammer geleitet, in der eine weitere gezielte Erwärmung des sauerstoffhaltigen Gases vorgenommen werden kann. Diese Vorbrennkammer kann dazu dienen, die Temperatur des sauerstoffhaltigen Gases optimal an die erforderliche Betriebstemperatur der Brennstoffzelle anzupassen. Besonders vorteilhaft lässt sich diese Vorbrennkammer jedoch beim Anfahren der Gasturbinenanordnung einsetzen, bis die Betriebstemperatur der Brennstoffzelle erreicht ist.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden die aus der Brennstoffzelle austretenden Reaktionsgase vor dem Eintritt in die Turbineneinheit durch eine zusätzliche Nachbrennkammer geleitet, in der sie weiter aufgeheizt werden. Die Nachbrennkammer wird hauptsächlich zur Einstellung bzw. Regelung der Temperatur der Gase vor der Turbine eingesetzt, um mit der Turbine zusätzliche Antriebsleistung für den Kompressor zu erzielen. Weiterhin sorgt diese Nachbrennkammer in vorteilhafter Weise zu einem besseren Ausbrand der in der Brennstoffzelle nicht zur Reaktion gelangten Brennstoffreste.

[0014] Brennstoffzellen sind massenreiche Strukturen, welche eine schnelle Aufwärmung nicht erlauben. Durch die Nachbrennkammer wird ein Anfahren der Gasturbinenanordnung sowie eine erste Leistungsabgabe ermöglicht, bevor die Brennstoffzelle ihre optimalen Betriebsbedingungen erreicht hat. Während vom Gasturbinengenerator bereits Strom abgegeben wird, kann das Brennstoffzellensystem noch aufgewärmt werden. Dazu sind besonders Systeme geeignet, bei denen die Nachbrennkammer das Abgas auf eine hohe Temperatur von 1100°C oder höher aufwärmt.

[0015] In einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform ist ein weiterer Rekuperator in der Gasturbinenanordnung vorgesehen, mit dem das verdichtete sauerstoffhaltige Gas durch die aus der Brennstoffzelle austretenden Reaktionsgase weiter erhitzt wird. Diese Anordnung ist gerade für hohe Betriebsdrücke der Brennstoffzelle vorteilhaft, bei denen der Isothermverdichter hohe Druckverhältnisse erzeugt, wodurch die Turbinenausstrittstemperatur entsprechend tief ausfällt. Der Isothermverdichter erlaubt hierbei Druckverhältnisse bis über 100. In diesem Fall reicht die zusätzliche Abwärme der aus der Turbine austretenden Gase möglicherweise nicht mehr aus, um das verdichtete sauerstoffhaltige Gas auf die für die Brennstoffzelle optimale Temperatur auf-

zuheizen. Durch den zweiten Rekuperator kann dieser noch fehlende Temperaturunterschied auf einfache Weise überbrückt werden. Selbstverständlich können auch in diesem Fall zusätzlich eine Vorbrennkammer und/oder eine Nachbrennkammer vorgesehen sein.

[0016] Es versteht sich von selbst, dass die vorliegende Anordnung in den jeweiligen Ausgestaltungen nicht auf nur eine Brennstoffzelle, nur eine Vorbrennkammer, nur eine Nachbrennkammer, nur einen Rekuperator sowie nur eine Verdichterstufe oder nur eine Turbinenstufe beschränkt sind. Selbstverständlich lassen sich die genannten Komponenten auch in mehrfacher Anordnung einsetzen, ohne das Wesen der vorliegenden Erfindung zu verändern. Ebenso können zusätzlich zu den ein oder mehreren Isothermverdichtern auch ein oder mehrere adiabatische Verdichterstufen hinzukommen, die dann zwar den Wirkungsgrad und die Leistungsdichte der Anlage erniedrigen, mit denen sich jedoch noch immer bessere Ergebnisse erzielen lassen, als dies mit den bekannten Hybridanlagen des Standes der Technik möglich ist. Der oder die isothermen Verdichterstufen können sowohl als interne durch die Turbine angetriebene Stufen wie auch als externe, von der Gasturbine unabhängige Stufen eingesetzt werden. Durch Verwendung externer isothermer Verdichterstufen können sehr hohe Druckverhältnisse erreicht werden. Auf diese Weise kann beispielsweise mehr als ein Rekuperator mit den aus der Turbine austretenden Heißgasen betrieben werden, wodurch die Leistungsdichte der Anlage erheblich gesteigert werden kann.

[0017] Als Isothermverdichter in der vorliegenden Gasturbinenanordnung kann beispielsweise ein Verdichter eingesetzt werden, wie er in der DE 197 36 901 A1 im Detail beschrieben ist. Bei einem derartigen Isothermverdichter wird ein Flüssigkeit-Luft-Gemisch entlang einer durch einen Fallschacht gebildeten Gefällstrecke, die sich an ihrem unteren Ende verjüngt, durch den hydrostatischen Druck der Flüssigkeit komprimiert und in einer sich anschließenden Druckkammer von der Flüssigkeit separiert. Die auf diese Weise komprimierte Luft wird dann dem Rekuperator der vorliegenden Gasturbinenanordnung zugeführt.

[0018] Weiterhin kann mit Hilfe einer Wasserpumpe, der eine Wasserzerstäubungseinrichtung im Massenstrom nachgeschaltet ist, ein sich mit hoher Geschwindigkeit ausbreitendes Luft-Wasser-Gemisch gebildet werden, dass in eine Verdichtereinheit gezielt eingespeist wird. Durch das beschleunigte Wasser wird hierbei ebenfalls ein Druck auf die vom Wasser eingeschlossene Luft ausgeübt, der zu einer isothermen Kompression führt.

[0019] Zum gleichen isothermen Kompressionsergebnis gelangt man durch Verwendung eines Zentrifugalbeschleunigers, dem axial Wasser oder ein Wasser-Luft-Gemisch zugeführt wird, das durch entsprechende Mitnehmer dem Zentrifugalfeld ausgesetzt wird. Durch die beschleunigende Wirkung wird das Wasser zerstäubt und verlässt den Beschleuniger in einer Vorzugsrichtung, in der wiederum eine entsprechende Verdichtereinheit vorgesehen ist.

[0020] Schließlich ist es auch möglich, Luft mit einer konventionellen Kompressorbeschaufelung zu verdichten, wodurch die Luft jedoch im Wege der Kompression einer üblichen Erwärmung unterliegt. Um eine weit gehende Isothermie während der Kompression zu gewährleisten, wird gleichzeitig die Luft entsprechend abgekühlt, was über entsprechende Zwischenkühler erreicht werden kann.

[0021] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

[0022] Fig. 1 schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer Gasturbinenanordnung gemäß der vorliegenden Erfin-

dung;

[0023] **Fig. 2** schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer Gasturbinenanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0024] **Fig. 3** ein Beispiel für die Ausgestaltung einer isothermen Verdichterstufe.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0025] Die folgenden beiden Ausführungsbeispiele für eine erfindungsgemäße Gasturbinenanordnung können mit jeder Art von Isothermverdichter **1** betrieben werden. Ein derartiger Isothermverdichter weist in der Regel einen Luft- und einen Wasser-Kreislauf auf. Bei Einsatz eines Injektorverdichters als isothermer Verdichter wird Wasser unter hohem Druck, beispielsweise 80×10^5 Pa, einem Injektor zugeführt, der die Umgebungsluft regelrecht mitreißt und auf ca. 18×10^5 Pa komprimiert. In einem dem Massenstrom folgenden Luftabscheider wird schließlich die komprimierte Luft vom Wasser getrennt. Das Wasser strömt über einen Kühler zurück und wird erneut dem Injektor zugeführt. Der Luftkreislauf ist naturgemäß offen ausgebildet, wobei atmosphärische Luft vom Injektor durch einen Filter angesaugt und durch das eingespritzte Wasser isotherm komprimiert wird. Wegen der inhärenten Wärmeabgabe der Luft beim Kompressionsvorgang steigt deren Temperatur zusammen mit derjenigen des Wassers leicht an – in der Regel um etwas mehr als 1°C , aber umso mehr, je weniger Umlaufwasser verwendet wird. Das Umlaufwasser innerhalb des geschlossenen Wasserkreislaufs weist eine Temperatur knapp über der Umgebungstemperatur auf, beispielsweise ca. 15°C , damit der Wasserkühler effektiv betrieben werden kann.

[0026] Die **Fig. 1** zeigt eine Lösung, die für eine Brennstoffzellentemperatur im Bereich der Rekuperationsaustrittstemperatur geeignet ist. Bei diesem Beispiel wird die durch den Isothermverdichter **1** angesaugte Luft **11** isotherm komprimiert und als komprimierte Luft **11a** zunächst dem Rekuperator **2** zugeführt. Der Rekuperator wird mit den aus der Turbine **4** austretenden heißen Gasen **11b** gespeist, die ihre überschüssige Wärme an die komprimierte Luft **11a** abgeben. Die auf diese Weise vorgewärmte und verdichtete Luft wird der Brennstoffzelle **3** zugeführt, in die gleichzeitig geeigneter Brennstoff **12** eingeleitet wird. Die entstehenden heißen Reaktionsgase strömen schließlich durch die Turbine **4** und treiben diese an. Die durch den Antrieb der Turbine **4** erzeugte mechanische Energie wird über eine Welle **8** einem elektrischen Generator **7** zur Umwandlung in elektrische Energie zugeführt. Selbstverständlich sind an der Brennstoffzelle **3** ebenfalls Abgriffmöglichkeiten für die in der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie vorhanden. Aus dem Rekuperator **2** kann an entsprechenden Anzapfstellen Luft geeigneter Temperatur als Kühlluft **9** entnommen werden und den zu kühlenden heißen Teilen der Turbineneinheit **4** zur Kühlung zugeführt werden. Nach Erfüllung der Kühlfunktion kann diese Kühlluft stromab der gekühlten Komponente dem Abgas zugemischt werden.

[0027] In diesem Beispiel sind optional eine Vorbrennkammer **5** sowie eine Nachbrennkammer **6** vorgesehen, denen ebenfalls geeigneter Brennstoff **12** zugeführt wird. Die Vorbrennkammer **5** wird bei dieser Anordnung vorzugsweise für das Anfahren der Gasturbinenanordnung benötigt. Besonders bei kleinerem Druckverhältnis ist die Turbinenaustrittstemperatur allerdings so hoch, dass die Vorbrennkammer überhaupt nicht benötigt wird. Die Nachbrennkammer **6** wird hauptsächlich zur Einstellung bzw. Regelung der Temperatur vor der Turbine **4** eingesetzt, kann aber auch zur Einstellung einer gewünschten höheren Turbineneintritts-

temperatur benutzt werden, wobei sie als zusätzlichen Vorteil einen besseren Ausbrand der unreaktierten Brennstoffreste aus der Brennstoffzelle **3** ermöglicht.

[0028] Die weitere beispielhafte Gasturbinenanordnung der **Fig. 2**, in der die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente wie in **Fig. 1** verwendet wurden, unterscheidet sich von der der **Fig. 1** durch einen zusätzlichen Rekuperator **10**, mit dem die verdichtete und durch den ersten Rekuperator **2** vorgewärmte Luft durch das aus der Brennstoffzelle **3** austretende warme Reaktionsgas zusätzlich erwärmt wird. Dieses System ist besonders für hohe Betriebsdrücke der Brennstoffzelle **3** geeignet. Der Isothermverdichter **2** erlaubt Druckverhältnisse bis über 100, wobei die Turbinenaustrittstemperatur bei diesen hohen Druckverhältnissen entsprechend gering ausfällt. Um die im Rekuperator **2** aufgewärmte Luft **11a** weiter zu erhitzen, ist daher der zusätzliche Rekuperator **10** vorgesehen, dessen Wärmequelle die aus der Brennstoffzelle **3** austretenden Reaktionsgase sind. Auch in diesem Fall sind optional eine Vorbrennkammer **5** sowie eine Nachbrennkammer **6** vorgesehen. In diesem Falle ist die Vorbrennkammer möglicherweise nur für den Start der Anlage nötig. Die Nachbrennkammer hat jedoch wieder den Vorteil, den vollständigen Ausbrand des Brennstoffes **12** zu gewährleisten und auch für genügend Antriebsleistung für den Kompressor **2** zu sorgen, falls dieser als interner Verdichter ausgestaltet ist.

[0029] Auch die Kühlluftversorgung von Verbrauchern mit einem niedrigerem Druck als dem Maximaldruck stellt ein weiteres Verbesserungspotential der Anlage dar. Diese Kühlluft **9** kann mit dem Hauptluftstrom auf die Rekuperationsendtemperatur gebracht werden und dann in einer (nicht dargestellten) Entspannungsturbine auf das erforderliche Druckniveau entspannt werden. Hierdurch können zusätzlich eine Steigerung der Leistung und eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt werden. Weiterhin kann die Kühlluft auf Zwischendruckwerte innerhalb einer Turbine entspannt werden. Auch bietet sich an, die Kühlluft vor der Entspannung noch höher zu erhitzen.

[0030] In **Fig. 3** ist schließlich ein Beispiel für einen Isothermkompressor dargestellt, dessen Druckerzeugung im Gegensatz zu den Lösungen mit Fallschacht oder Injektor direkt vom Fliehkraftfeld herrührt. Hierzu weist der Kompressor ein Gehäuse **13** auf, an dessen Unterseite ein Motorantrieb mit Motorantriebsrichtung **14** vorgesehen ist, der Kompressorrotoren **15**, von denen lediglich einer in der **Fig. 2** dargestellt ist, antreibt. Die Kompressorrotoren **15** sind als radiale Schaufeln ausgebildet und rotieren im unteren Bereich im Inneren des Gehäuses **13** um die Drehachse A des Motorenantriebes. Ferner ist im Inneren des Kompressorgehäuses **13** ein stationär oder mitrotierend angebrachter Umlenkkörper **16** vorgesehen, der zusammen mit dem Kompressorrotor **15** eine Druckluftleitung **17** einschließt.

[0031] Koaxial zur Rotorachse A ist ein Luftansaugtrichter **18** angebracht, durch den Luft während des Betriebes des Isothermkompressors angesaugt wird. Die in das Innere des Gehäuses **13** eintretende Luft wird im Gemischbildungsgebiet **24**, in dem leichter Unterdruck vorherrscht, mit Wasser aus der Wasserzuführung **23** vermischt, so dass ein Luft-Wasser-Gemisch in Art eines Blasengemisches in das Innere des Kompressors gelangt und von den Kompressorrotoren **15** mitgerissen und radial nach aussen in Richtung der Gehäusewand **13'** beschleunigt wird. An der senkrechten Gehäusewand **13'** bildet sich ein Wasserfilm; von diesem scheidet sich komprimierte Luft ab. Der Wasserfilm wandert entlang der Gehäusewand **13'** durch einen Dosierspalt **19** für den Rückfluss des ausgegasteten Wasserfilmes, der zwischen der Gehäusewand und dem Umlenkkörper **16** eingeschlossen ist, in den Wasserrück- und abführungskanal **23**, in dem

ein Teil des Wassers einem erneuten Mischvorgang zur Verfügung steht. Kondensiertes Überschusswasser gelangt über den Wasserrück- und abführungskanal 23 und eine Wasseraufbereitung 25 in den Überschusswasserbehälter 20, von dem die benötigte Wassermenge über eine Wasserzuführung 23' erneut in den Wasserkreislauf eingebracht wird.

[0032] Die isotherm komprimierte Luft 22 strömt im Strömungskanal 21 zurück ins Zentrum des Kompressors und gelangt über eine mitrotierende Druckluftleitung 17 gezielt in einen nicht näher dargestellten Rekuperator, von dem sie nachfolgend in eine Brennkammer eingebracht wird. Die Druckluftleitung 17 ist über eine rotierende Dichtung zum Luftansaugbereich des Kompressors abgegrenzt.

[0033] Der in Fig. 3 dargestellte Kompressortyp erfordert zudem keine hohen Strömungsgeschwindigkeiten und keine besonders feine Zerstäubung des Wassers, da das Luft-Wasser-Gemisch auf kleinem Radius oder mittig aufgenommen wird und durch radial nach aussen geführte Strömung verdichtet, auf dem größten Durchmesser die Luft vom Wasser trennt und separat auf kleinere Radien zurückführt.

Bezugszeichenliste

1	Isothermverdichter	
2	Rekuperator	25
3	Brennstoffzelle	
4	Turbine	
5	Vorbrennkammer	
6	Nachbrennkammer	
7	Generator	30
8	Welle	
9	Kühlluft	
10	zweiter Rekuperator	
11	Luft	
11a	verdichtete Luft	35
11b	Abgas	
12	Brennstoff	
13	Gehäuse	
14	Motorantriebsdrehrichtung	
15	Kompressorrotor	40
16	Umlenkkörper	
17	Druckluftleitung	
18	Luftansaugtrichter	
19	Dosierspalt	
20	Überschusswasser	45
21	Kanal	
22	isotherm komprimierte Luft	
23	Wasserrück- und abführungskanal	
23'	Wasserzuführungskanal	
24	Gemischbildungsbereich	50
25	Wasseraufbereitung	
A	Rotorachse	

Patentansprüche

1. Gasturbinenanordnung mit einer Brennstoffzelle (3), die im Strömungsverlauf eines sauerstoffhaltigen Gases (11, 11a) zwischen einer Verdichtereinheit (1) zur Kompression des sauerstoffhaltigen Gases (11) und einer Turbineneinheit (4) vorgesehen ist, wobei das durch die Verdichtereinheit (1) komprimierte sauerstoffhaltige Gas (11a) über einen Wärmetauscher (2) durch aus der Turbine (4) austretende heiße Gase (11b) erwärmt und in die Brennstoffzelle (3) geleitet wird, und aus der Brennstoffzelle (3) austretende Gase zum Antrieb der Turbine (4) eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdichtereinheit mindestens einen isothermen Verdichter (1) umfasst, der das

sauerstoffhaltige Gas (11) isotherm verdichtet.

2. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Wärmetauscher (2) und Brennstoffzelle (3) eine Vorbrennkammer (5) zur zusätzlichen Erwärmung des durch die Verdichtereinheit (1) komprimierten sauerstoffhaltigen Gases (11a) vorgesehen ist.

3. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Brennstoffzelle (3) und Turbine (4) eine Nachbrennkammer (6) zur zusätzlichen Erwärmung der aus der Brennstoffzelle (3) austretenden Gase vorgesehen ist.

4. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Wärmetauscher (2) und Brennstoffzelle (3) ein weiterer Wärmetauscher (10) zur zusätzlichen Erwärmung des komprimierten sauerstoffhaltigen Gases (11a) vorgesehen ist, in dem Wärmeenergie von den aus der Brennstoffzelle (3) austretenden Gasen an das komprimierte sauerstoffhaltige Gas (11a) übertragbar ist.

5. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der isotherme Verdichter (1) eine Diffusoranordnung umfasst, in die ein Luft-Wasser-Gemisch mit hoher Geschwindigkeit einleitbar ist.

6. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der isotherme Verdichter (1) ein motorbetriebenes rotierendes Gehäuse (13) mit strömungsführenden Einbauten aufweist, welches ein Luft-Wasser-Gemisch auf kleinem Radius oder mittig aufnimmt und durch radial nach außen geführte Strömung verdichtet, auf dem größten Durchmesser die Luft vom Wasser trennt und separat auf kleinere Radien zurückführt, wobei eine Einheit zur Erzeugung des Luft-Wasser-Gemisches vorgesehen ist.

7. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass an dem isothermen Verdichter (1) radiale oder radial-tangentiale Strömungsleitorgane für die auswärts gerichtete Gemischströmung, die einwärts gerichtete Luftströmung und die einwärts gerichtete Wasserströmung angebracht sind.

8. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich der isotherme Verdichter (1) aus mehreren adiabatischen Verdichterstufen mit Zwischenkühlern zusammensetzt.

9. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Wärmetauscher (3) Anzapfstellen vorgesehen sind, an denen sauerstoffhaltiges Gas zu Kühlzwecken abgeführt und mittels Kühlkanälen an heiße Stellen der Gasturbinenanordnung zuführbar ist, vorzugsweise zum Kühlen der Turbineneinheit (4).

10. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das zu Kühlzwecken abgeführte sauerstoffhaltige Gas zur Druckanpassung durch eine Kühlluftturbine läuft, um an der zu kühlenden heißen Stelle annähernd dem vor Ort herrschenden Druckniveau zu entsprechen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

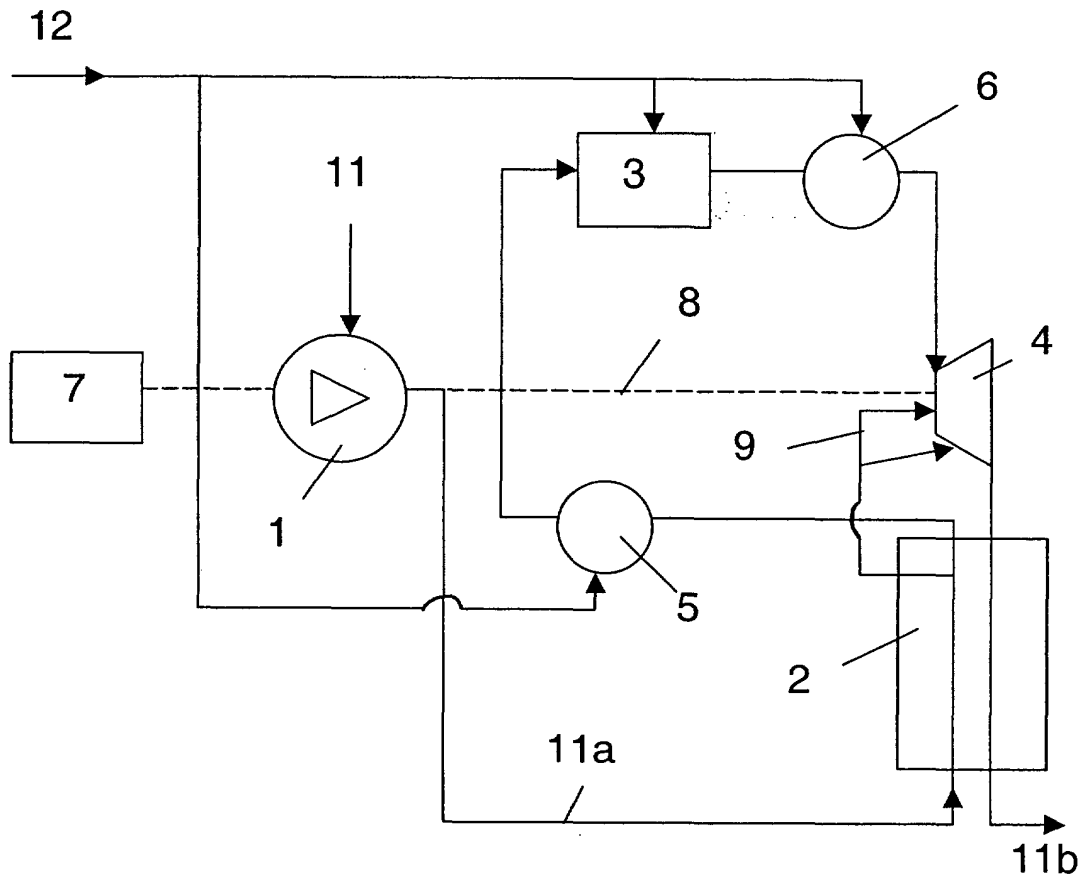


Fig. 1

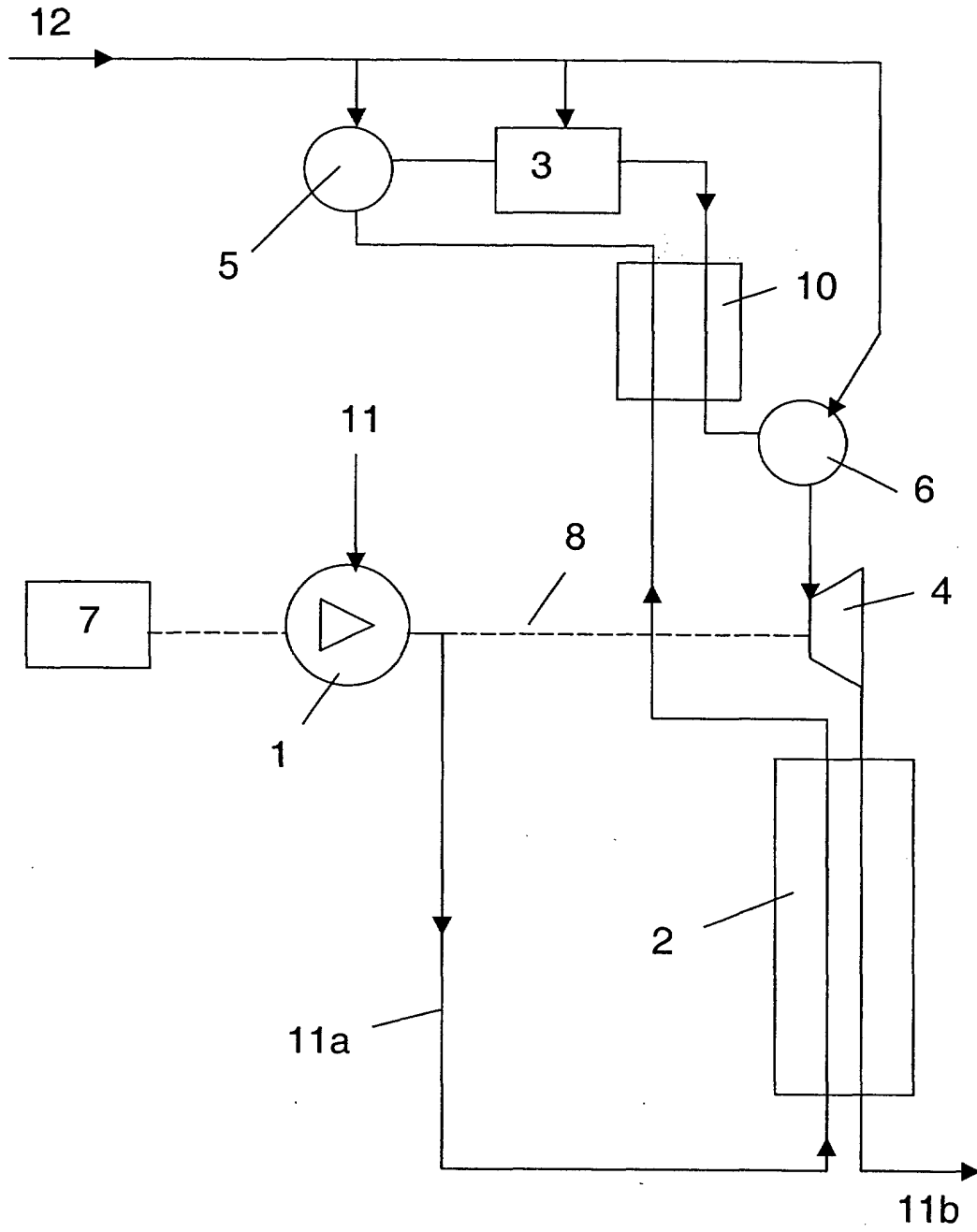


Fig. 2

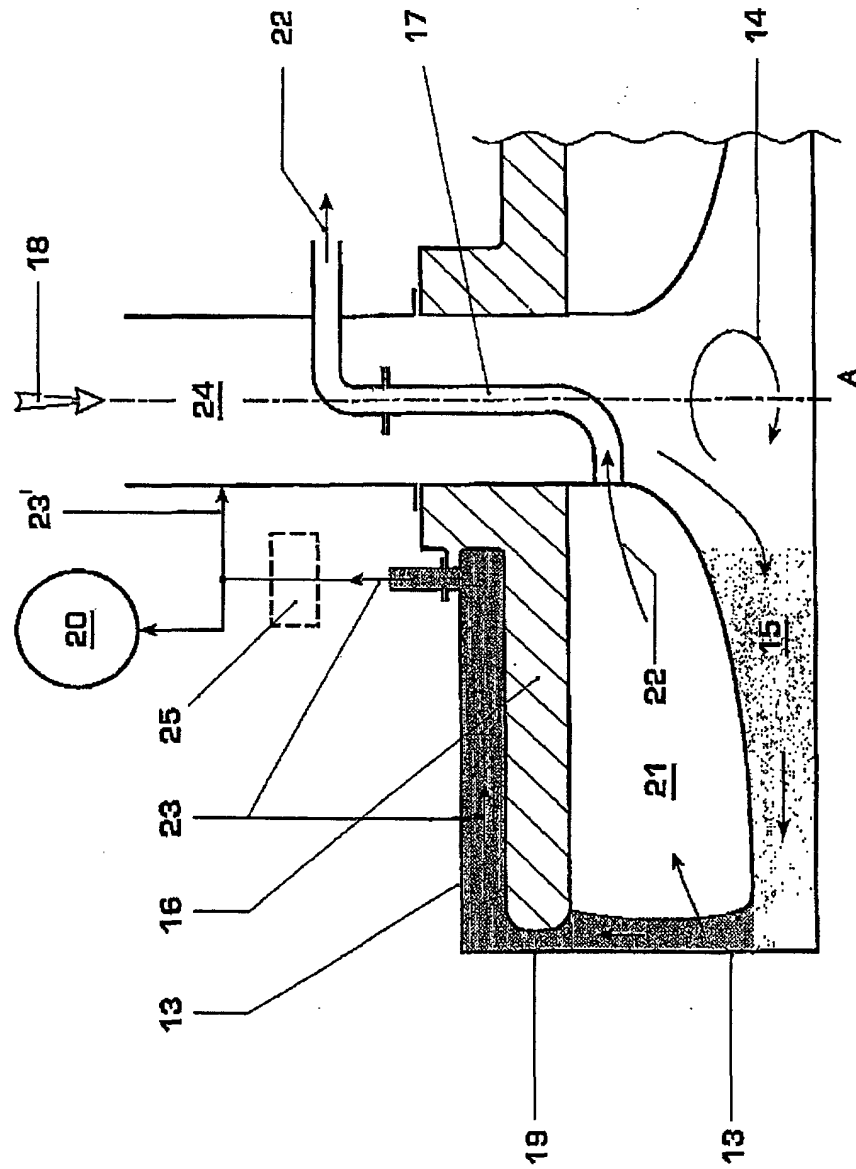


Fig. 3